

Aus dem Strahleninstitut (Nuklearmed. Abteilung) des
Städt. Krankenhauses Spandau Nord

Direktor: Prof. Dr. med. W. Schlungbaum

**SZINTIGRAFISCHE FUNKTIONSUNTERSUCHUNGEN
DER LUNGE
BEI WEGEN EINES INOPERABLEN BRONCHUSKARZINOMS
BESTRAHLTEN PATIENTEN**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an den Medizinischen Fachbereichen
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von Jörg Th. Münchenhagen aus Berlin

1976



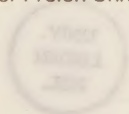
Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus dem Strahleninstitut (Nuklearmed. Abteilung) des
Städt. Krankenhauses Spandau Nord

Direktor: Prof. Dr. med. W. Schlungbaum

**SZINTIGRAFISCHE FUNKTIONSUNTERSUCHUNGEN
DER LUNGE
BEI WEGEN EINES INOPERABLEN BRONCHUSKARZINOMS
BESTRAHLTEN PATIENTEN**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an den Medizinischen Fachbereichen
der Freien Universität Berlin



vorgelegt von Jörg Th. Münchenhagen aus Berlin

Referent: Prof. Dr. W. Schlunbaum

Korreferent: Prof. Dr. H. Oeser



Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fachbereiche
der Freien Universität Berlin

Promoviert am: 10. 12. 1976

Meinen Eltern gewidmet

INHALTSVERZEICHNIS

	<u>Seite</u>
I. Einleitung	5
II. Historischer Überblick	6
III. Methodik	7
IV. Krankengut	15
V. Kasuistik	16
VI. Ergebnisse	56
VII. Zusammenfassung	63
VIII. Literatur	64

I. EINLEITUNG

Jährlich sterben in der Bundesrepublik mehr als 20.000 Menschen an Lungenkrebs. Die Operation steht zwar im Vordergrund der Behandlung, ist jedoch nicht mehr möglich, wenn nichtresezierbare Gewebe betroffen sind, oder eine Tumorgeneralisation angenommen werden muß (1). So sind fast 80 % der Erkrankten nicht mehr radikal operabel (2), wenn die Diagnose "Bronchuskarzinom" gestellt wird.

Die Einführung der Megavolt-Strahlentherapie bei der Behandlung des Bronchuskarzinoms hat in den letzten Jahren gezeigt, daß bei den als nicht operabel bezeichneten Fällen kurative Gesichtspunkte vereinzelt realisiert werden konnten, ganz zu schweigen von palliativen.

Die Lungenszintigrafie hat sich nicht nur zur frühzeitigen Erkennung des (zentralen) Bronchuskarzinoms, zur Beurteilung der Ausdehnung der Erkrankung und damit der Operabilität, sondern auch zur Verlaufskontrolle bewährt.

Wir haben bei Patienten mit Bronchuskarzinom untersucht, ob sich die Lungenfunktion während der Bestrahlung mit Telecobalt (GAMMATRON) und schnellen Elektronen (BETATRON) verändert. Zur Anwendung kam dabei durchweg die Szintigrafie mit ¹³³Xenon, und zwar in der von RÖSLER, HÜNIG und NOSEDA angegebenen Weise, bei der nicht nur die Perfusion und Diffusion, sondern auch die Ventilation quantitativ bestimmt werden können (3). Bei nahezu allen Patienten wurden Perfusionsszintigramme (mit MAA oder Microspheres) erstellt und mit den ¹³³Xe-Serienszintigrammen verglichen.

Aufgabe dieser Arbeit ist festzustellen, ob sich die Lungenfunktion unter der Bestrahlung verändert, eine Frage, die die Indikationsstellung zur Strahlentherapie beeinflussen kann.

Ein Überblick über Entwicklung der szintigrafischen Untersuchungsweise, die Methodik als solche, sowie das untersuchte Patientengut wird vorangestellt.

II. HISTORISCHER ÜBERBLICK

Die diagnostischen Möglichkeiten mit Gasen, die Photonenemissionen aufweisen, Lungenfunktionsuntersuchungen durchzuführen, beschrieben KNIPPING und Mitarbeiter schon 1955. Sie verwendeten als erste Xe^{133} sowohl zur Inhalation, als auch intravenösen Injektion. Sie entwickelten 1957/58 die "Radioxenon-Thorakografie"; damals wurde noch die Verteilung der applizierten radioaktiven Gase mit GEIGER-MÜLLER-Zählern gemessen (4).

Die quantitative Bestimmung der regionalen Ventilation und Perfusion mit ^{133}Xe beschrieben 1962 BALL und Mitarb. (5); diese Arbeiten wurden von WEST und Mitarb. 1966 ergänzt und betreffen im wesentlichen einen veränderten Untersuchungsablauf.

Einen entscheidenden Fortschritt bedeutete die Einführung der Szintillationskamera ("Gammakamera"), die große Lungenareale simultan erfassen und die Verteilungsverhältnisse mittels der Datenverarbeitung und Speicherung in kurzer Zeit berechnen kann. Erste Untersuchungen hierzu erfolgten 1967 von LOKEN et al. (6, 7, 8).

Neben der Injektion und Inhalation radioaktiver Gase hat sich die intravenöse Applikation radioaktiver Partikel (Jod¹³¹, Tc^{99m}) als szintigrafische Methode bewährt. Sie gibt Aufschluß über die Lungendurchblutung. Diese Methode wurde in der Diagnostik von Lungenkrankheiten erstmalig von TAPLIN und Mitarb. 1964 eingeführt. Indirekt gibt diese sog. "Perfusionsszintigrafie" auch die Ventilation wieder, da beim Anstieg des P_{CO_2} und Abfall des P_{O_2} in der Alveole die entsprechenden Lungenareale schlechter durchblutet werden: Alveolovaskulärer Reflex (von EULER und LILLJESTRAND, 1946).

Somit wurden zur Beurteilung der Lungenfunktion zwei Arten radioaktiver Substanzen entwickelt: radioaktive Gase und radioaktiv beladene Partikel, mit denen sich einander ergänzende Untersuchungen durchführen lassen.

III. METHODIK

Drei Vorgänge sind für die Lungenfunktion kennzeichnend:

- 1.: Die Ventilation (Belüftung der Alveolen)
- 2.: Die Perfusion (Durchblutung der Kapillaren)
- 3.: Die Diffusion (Aufnahme von O_2 , Abgabe von CO_2)

Diese drei Partialfunktionen der Lunge können durch die Lungenszintigrafie erfaßt werden, wobei eine Kombination der Partikel- und der Gasmethode als optimale szintigrafische Diagnostik anzusehen ist (3).

Die Partikelmethode:

Mit Jod 131 oder Tc 99m markierte Albuminmakroaggregate in der Größenordnung zwischen 20 und 50 μ werden intravenös injiziert. Bei Verwendung von J¹³¹ wird die Schilddrüse mit 20

Tropfen Lugol'scher Lösung einen Tag vor der Untersuchung sowie am Untersuchungstag blockiert. Im Anschluß an die Injektion wird das Szintigramm geschrieben. Die Albuminmakroaggregate bilden Emboli im kapillaren Strombett der Lunge. Ihre Verteilung kann entsprechend der Intensität und Lokalisation wiedergegeben werden (9). Kommt es zu einer Erhöhung des Widerstandes in einer Pulmonalarterie, so erhalten die abhängigen Gefäße weniger Radionuklide als benachbarte Areale. Da entsprechend dem EULER-LILLJESTRAND-Reflex die Durchblutung von Pulmonalarterien vermindert wird, sobald sich die Ventilation einzelner Lungenabschnitte verschlechtert, kommt es zu Regionen verminderter Partikelfixationen. Aber auch eine rein mechanische Blockierung von Pulmonalgefäßen (z. B. Lungenembolie) führt zu entsprechenden Ausfällen im szintigrafischen Bild. Beim Bronchuskarzinom, das bei allen von uns Untersuchten vorlag, sind solche Ausfälle (die auf eine Perfusionsstörung hinweisen) häufig ausgedehnter, als es die Röntgenaufnahme erwarten läßt (LOCHER et al.), besonders, wenn es sich um zentrale Tumoren handelt (10, 11).

Bei der Partikelmethode hat man sich für die Untersuchung im Liegen entschieden, da sich in der aufrechten Körperhaltung die Belüftung und Durchblutung von cranial nach caudal zunehmend erhöht (12, 13, 14, 15, 16).

Die Perfusionsszintigrafie mit radioaktiven Partikeln ist die Methode der Wahl zur Beurteilung lokaler Drosselung der Lungendurchblutung und hat sich bewährt zu Verlaufsuntersuchungen der Lungenembolie (17). Allerdings sind die Befunde der konventionellen Lungenszintigrafie nur mit Hilfe anderer klinischer Untersuchungen wie z. B. Spirometrie und Röntgenuntersuchung sicher einzuordnen; in manchen Fällen kann die Per-

fusionsszintigrafie Hinweise auf das Vorliegen eines Bronchuskarzinoms noch im Frühstadium geben (OESER et al.). Hinsichtlich der Gesamtfunktion der Lunge ist diese Methode allein blind (3). Die Strahlenbelastung der Lungen beträgt bei der Partikelszintigrafie mit Jod 131 (pro 100 μ Ci) 200 - 500 mrd, desgleichen bei Verwendung von 1 - 2 mCi 99m Tc.

Die Gasmethode:

Hierbei hat sich als Tracer-substanz das ^{133}Xe angeboten. Es handelt sich in der heute angebotenen Form um ein schwerlösliches Gas, das eine Halbwertszeit von 5,3 Tagen aufweist. Beim Zerfall in das ^{133}Cs wird eine weiche Gammastrahlung von 81 keV erzeugt.

Bei der ^{133}Xe -Gas-Perfusionsszintigrafie wird das Gas (in 0,9 %-NaCl gelöst) intravenös injiziert und verteilt sich entsprechend der Durchblutung in der Lunge. Wegen der schlechten Löslichkeit geht es schnell wieder in die Gasform über, 90 - 95 % des applizierten Xenons diffundieren bei der Perfusion von den Gefäßen in die Alveolen. Diese Teile der Untersuchung, sowie der anschließende Auswasch-Vorgang können serienszintigrafisch erfaßt werden, Voraussetzung dazu ist die Gammakamera. Somit ist die zusätzliche Beurteilung und quantitative Messung der Ventilation ein Vorteil gegenüber der oben genannten Partikelmethode. Regionäre Funktionsstörungen und die pauschale Lungenfunktion sind meßbar geworden (13). Zwar kann die Verteilung der Lungendurchblutung auch mit ^{133}Xe beurteilt werden, wie H. INGRISCH und Mitarb. nachwiesen, ist jedoch das Partikelszintigramm hierbei deutlich überlegen (18).

Ein für den beschriebenen Untersuchungsgang besser geeignetes Gas ist das $^{85m}\text{KRYPTON}$, es löst sich noch schlechter als Xe (außerdem geringere Untergrundaktivität, weniger Strahlenbelastung) und weist eine Energie von 150 keV auf (bessere Abbildungsmöglichkeiten), ist jedoch nur in unmittelbarer Nähe eines Reaktors einsetzbar, da die physikalische Halbwertszeit nur 4,4 Stunden beträgt (19). Bei Applikation von 1 - 2 mCi Xe-133 liegt die Strahlenbelastung der Lungen bei 300 mrd, des Ganzkörpers bei 15 mrd (22).

RÖSLER und Mitarb. haben 1969 zusätzlich zum Partikelperfusionsszintigramm mit Makroalbuminpartikeln Serienschintigramme nach intravenöser Applikation von ^{133}Xe hergestellt und die Aktivitätszeitkurven für beide Lungen getrennt abgenommen, als quantitatives Maß für die Ventilation. Die pauschale Funktion wurde in Form des prozentualen Minutenexhalationswertes ausgedrückt.

Zwar haben LÖKEN et al. (1969), sowie L'HEUREUX et al. (1971) mit ^{133}Xe , Computer und Spirometrie Atemzugsvolumina und Vitalkapazität bestimmt, für die Routine erschien das jedoch als zu aufwendig; auch die ^{133}Xe -Inhalationsszintigrafie (LOCHER et al.) ist nicht so einfach durchzuführen, setzt sie doch eine gewisse Kooperation des Patienten, sowie einen ausreichenden Allgemeinzustand voraus.

Da es sich bei unserem Krankengut um Patienten mit Bronchialneoplasma handelte, bei denen Inoperabilität bestand und der Allgemeinzustand deutlich reduziert war, entschlossen wir uns, die Lungenfunktion nach der von RÖSLER angegebenen Weise quantitativ zu bestimmen. Auch eine mehrfache Untersuchung belastet die Patienten in keiner Weise; aus diesem Grund hat sich diese Untersuchung gerade für Verlaufskontrollen angeboten.

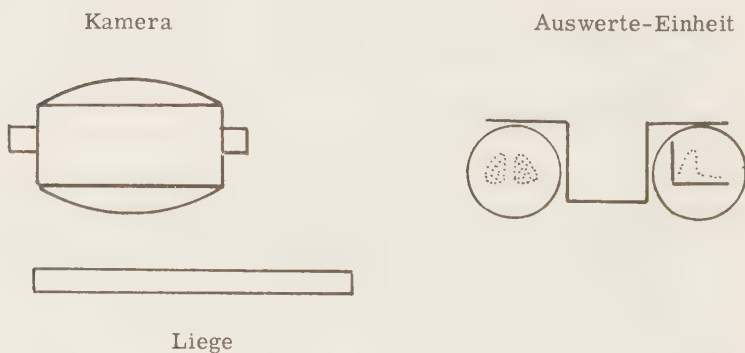
Wir haben bei einem Teil der Patienten diese Untersuchungen mit Partikelperfusionsszintigrammen kombiniert. Nach den Ergebnissen von RÖSLER haben das Partikel- und Gasperfusions-szintigramm eine gleiche Ausprägung bei primär vaskulär bedingten Durchblutungsstörungen, sog. "konkordante Perfusionsstörung". Bei reflektorischen Durchblutungsstörungen infolge Bronchusobstruktion war der Perfusionsausfall im ^{133}Xe -Szintigramm weniger deutlich ausgeprägt als im Makroalbuminpartikelszintigramm, sog. "diskordante Perfusionsstörung" (20). Die Ergebnisse werden in dieser Arbeit gegenübergestellt.

Untersuchungstechnik:

Zur Verfügung stand eine Szintillationskamera (Skizze 1) (Picker-Dynacamera) mit Datenverarbeitungs- und Auswerteeinheit, die eine Aufzeichnung von Sequenzszintigrammen und Erstellung von Impuls-Zeitdiagrammen ermöglicht.

Die vom Kameraoszillographen wiedergegebenen Informationen wurden auf Polaroidfilm festgehalten. Wegen der eingeschränkten drucktechnischen Reproduzierbarkeit der Original-Polaroidbilder wird das Wesentliche dieser Aufnahmen in vorliegender Arbeit in Form von Strichskizzen wiedergegeben. Mit der Festlegung von "areas of interest" kann die Aufzeichnung und Impulsintegration beliebiger Lungenareale erfolgen und so, falls erforderlich, auch die regionale Ventilation dargestellt werden. Alle Untersuchungen wurden auf Magnetband aufgezeichnet und erst später ausgewertet, um eine kontinuierliche Exploration mehrerer Patienten nacheinander zu ermöglichen. Die elektronische Teilung des szintigrafischen Monitorbildes erlaubt die simultane Registrierung der Aktivitätszeitkurven für die rechte und linke Lunge.

Wie von RÖSLER angegeben, erfolgte die Injektion des Radio-Xenons (ca. 3 - 7 mCi) in die Cubitalvene im Liegen; die Atemlage wurde nicht willkürlich beeinflusst: die Injektion erfolgte unter dem für jeden Patienten verschiedenen, ihm eigenen Atemrhythmus, der bei dem von uns untersuchten Patientengut etwa der Atemmittellage entsprach.



Skizze 1

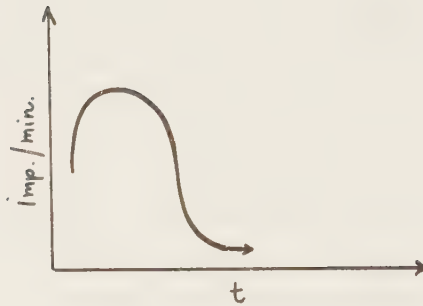
Innerhalb der ersten Minute wurden 6 Serienschintigramme erstellt (10, 20, 30, 40, 50, 60 sec. p.i.), sowie je ein Szintigramm 2, 3 und 4 min. p.i. Diese Aufnahmen erlauben eine qualitative Bestimmung der Aktivitätsänderung und -lokalisation.

Die erste Aufnahme dieser Reihe entspricht dem Anfluten des Radioxenons über das rechte Herz in die Lungen. Bis zum dritten Bild entspricht das Fixationsmuster der Lungendurchblu-

tung (21) und ist beim Gesunden vergleichbar mit dem Partikel-perfusionsszintigramm herkömmlicher Art (20). Die daran anschließenden Bilder spiegeln die Diffusion wider, nach 3 min. ist beim Gesunden nahezu alles exhaliiert. Bei obstruktiven Erkrankungen (z. B. Bronchuskarzinom) ist die Ventilation durch die Bronchusstenose behindert, was zu einer lokal verzögerten Exhalation des Xenons führt; dies wird in der Literatur als Xenon-Trapping bezeichnet (RÖSLER et al.). Ursprünglich bestand die Meinung, daß das Trapping ein für das Bronchialkarzinom typischer Befund sei, es zeigte sich jedoch, daß auch primär parenchymatöse Erkrankungen (z. B. Tb, Pneumonie, bull. Emphysem), die zur bronchogenen Obstruktion führen können, Trappingphänomene aufweisen können (19). Bei bronchusobstruierenden Erkrankungen kann sogar das Trapping fehlen, wenn ein tumorbedingter Verschuß der Gefäße vorliegt, der Nachweis der Xenonretention gelingt außerdem nicht, wenn sie sich in Arealen abspielt, die dem Detektor abgewandt sind (2).

Die quantitative Auswertung des Xe-szintigramms erlaubt die für jede Lungen- seite getrennt aufgezeichnete Impuls-Zeitkurve, welche der Menge der Aktivitäten zu jedem Zeitpunkt der Untersuchung entspricht. Der initiale Kurvenausschlag entspricht der Perfusionsphase, die anschließend einsetzende Exhalation wird durch den (beim Gesunden) steilen Kurvenabfall gekennzeichnet. Nach RÖSLER wird anschließend der "Minutenexhalationswert", der sich aus der Abnahme der Aktivitäten von 0,5 - 3,5 min. p.i. ergibt, berechnet. Dieser "Auswasch"-Vorgang stellt ein quantitatives Maß der Lungenventilation dar (Skizze 2).

Die Berechnung des Minutenexhalationswertes x erfolgt nach der von RÖSLER angegebenen Weise wie folgt:



Skizze 2

Eine halbe Minute nach Injektion des Radioxenons hat die Impulszeitkurve eine Aktivitätshöhe erreicht, die gleich 100 % gesetzt wird. Nach Ablauf von 3 Minuten (somit zum Zeitpunkt 3,5) ist die Kurve auf eine Höhe abgefallen, die in Prozent des anfänglichen Maximums ausgedrückt wird:

$$\text{Impulse zum Zeitpunkt } 0,5 = 100 \%$$

$$\text{Impulse zum Zeitpunkt } 3,5 = x \%$$

$$x \% = \frac{100 \times \text{Impulse bei } 3,5 \text{ min.}}{\text{Impulse bei } 0,5 \text{ min.}}$$

Die Differenz des erhaltenen Wertes gegen 100 % entspricht dem innerhalb von 3 Minuten exhaliierten Xenon. Der prozentuale Minutenexhalationswert (ME) ergibt sich nach Division durch 3.

$$\text{ME} = \frac{100 - x \%}{3}$$

Dieser Wert ist nach RÖSLER maximal 31 % und bei bronchus-obstruktiven Erkrankungen entsprechend herabgesetzt.

Der Mittelwert aus beiden Lungenseiten ergibt die globale Ab-
atmung.

IV. KRANKENGUT

Das Patientengut für diese Arbeit bestand aus 20 Kranken, die wegen eines Bronchuskarzinoms zu uns zur Bestrahlung überwiesen wurden. Bei 19 Patienten erfolgte die Bestrahlung wegen Inoperabilität, bei 1 Patienten wurde wegen nicht ausreichender Radikalität postoperativ nachbestrahlt. Die Bestrahlungen wurden bei 16 Patienten durchgeführt am Telecobaltgerät Gammatron III (Prof. Schlungbaum, Städt. Krhs. Spandau Nord), bei 4 Patienten am Betatron (Prof. Schumacher, Städt. Rudolf-Virchow-Krhs). Die Patienten waren zwischen 37 und 86 Jahren alt, das Durchschnittsalter lag bei 67 Jahren, 16 Pat. waren männlichen, 4 weiblichen Geschlechts.

Die Patienten wurden vor der ersten Bestrahlung mit $^{133}\text{Xenon}$ untersucht, im Anschluß daran wurde bei einem Teil der Kranken ein Partikelszintigramm angeschlossen (Untersuchungen A). Die Kontrolluntersuchungen (Untersuchungen B) erfolgten, wenn sich der Tumor unter der Bestrahlung verkleinert hatte, dies war bei Dosen zwischen 3.200 rd und 6.000 rd HD der Fall; die zum Zeitpunkt der Kontrolluntersuchung erreichte Herddosis lag im Durchschnitt bei 4.500 rd. Ein postoperativ bestrahlter Patient wurde bei 6.000 rd HD nachuntersucht.

V. KASUISTIK UND SZINTIGRAFISCHE BEFUNDE

Fall 1:

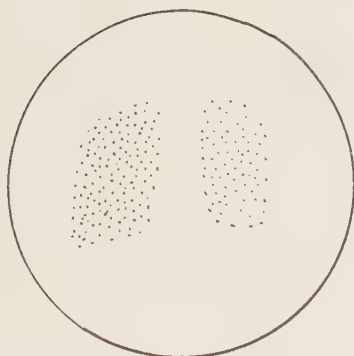
E. R., geb. 7. 3. 02, ♂

Seit 8 Wochen Husten nach gripp. Infekt, der sich nur zögernd zurückbildet. Die ambulant durchgeführte Röntgenuntersuchung deckt eine etwa pflaumengroße homogene Verschattung des linken oberen Hiluspoles auf. Bronchoskopie und Histologie: unreifes, großzelliges Ca, teilweise diff. Plattenepithelkarzinom des linken Unterlappens.

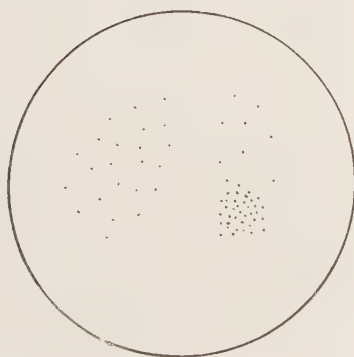
Xenon-sequenz A₁: Nach i. v. Injektion von 5,97 mCi ^{133}Xe /NaCl nahezu seitengleiche Aktivitäten, links fraglich geringer als rechts. 4 min. p. i. Trappingeffekt links. Der Minuten-exhalationswert (ME) liegt beiderseits unterhalb der Norm, er beträgt rechts 26,4 % und links 24,2 %, somit liegt die globale Abatmung (GA) bei 25,3 %. (Siehe Skizze 3.)

Tc-Szintigramm A₁: Nach i. v. Applikation von 1,27 mCi $^{99\text{m}}\text{Tc}$ geringe Perfusionsstörungen des linken Unterfeldes. Der Befund entspricht dem des Xe-szintigramms - koakordante Perfusionsstörung. (Skizze 4.)

Nachdem über ein links ventrales und links laterales Feld 4.800 rd HD eingestrahlt wurden, zeigen die Kontrolluntersuchungen folgendes:

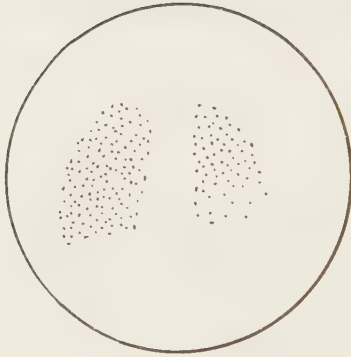


20 sec.



4 min.

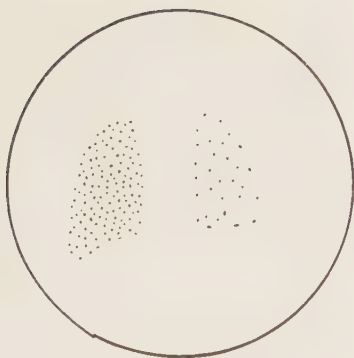
Skizze 3



Skizze 4

Xenon-sequenz B₁: Nach Injektion von $^{133}\text{Xe}/\text{NaCl}$ links gegenüber rechts gering verminderte Aktivitäten, während der Perfusion; 4 min. p.i. deutliches Trapping links basal, gering auch rechts basal. Der aus der Aktivitätszeitkurve berechnete ME hat sich links mit 25,2 % gegenüber der Voruntersuchung gebessert, rechts liegt er bei 29,4 %, somit ebenfalls günstiger als bei der Erstuntersuchung. Die globale Abatmung hat sich somit auf den Wert von 27,3 % gering verbessert.

Tc-Szintigramm B₁: Im Vergleich zur Voruntersuchung gleichen sich die Partikelszintigramme im wesentlichen, die Perfusionsstörung erscheint links gegenüber rechts gering stärker ausgeprägt als ursprünglich: Skizze 5.



Skizze 5

Fall 2:

F. A., geb. 9. 2. 1914, ♂

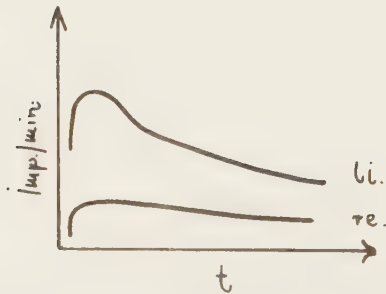
Seit 1 1/2 Jahren Nachtschweiß mit zeitweiliger Atemnot.

Thoraxaufnahme: pflaumengroßer Rundherd des rechten Mittelgeschosses, Hilusregion bds. verbreitert. Bronchoskopie und

Histologie: Undifferenziertes, kleinzelliges Karzinom der rechten Oberlappencarina.

Xenon-sequenz A₂: Nach i. v. -Injektion von 6,75 mCi ¹³³Xe annähernd seitengleiche Perfusionsphase 4 min. p.i. noch erhebliche Aktivitäten beiderseits, links stärker als rechts ausgeprägt (Xe-trapping). Die Aktivitätszeitkurve (s. Skizze 6) zeigt die initial verminderten Aktivitäten rechts gegenüber

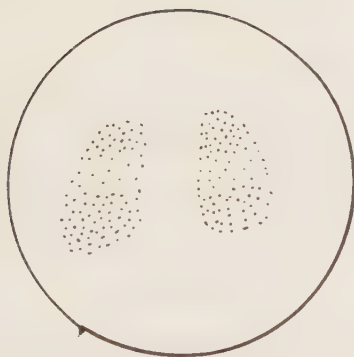
links, der Kurvenabfall ist beiderseits sehr flach, besonders rechts. Der Minutenexhalationswert wird rechts mit 11,3 % und links mit 17,3 % errechnet. Die globale Abatmung ist 14,3 %.



Skizze 6

Tc-szintigramm A₂: Nach Injektion von 1,77 mCi Tc-99m deutlich verminderte Partikelfixationen beider Mittelfelder (rechts stärker als links ausgeprägt, groben Perfusionsstörungen entsprechend). (Skizze 7) Der Befund ist eindrucksvoller als im Xe-szintigramm: "Diskordante Perfusionsstörung".

Nachdem über ein rechts ventrales und laterales Feld 5.600 rd HD erreicht waren, erfolgten die Kontrollen:



Skizze 7

Xenon-sequenz B₂: Nach Applikation von 5,97 m Ci Xe-133: qualitativ gleicher Befund wie die Xe-sequenz A₂, die aus der Aktivitätszeitkurve entnommenen Impulse für 0,5 und 3,5 min. p.i. lassen den ME errechnen: er liegt rechts etwas günstiger als bei der Voruntersuchung: rechts 14,4 %, links 15,2 %. Die globale Abatmung hat sich somit gering auf 14,8 % verbessert.

Tc-szintigramm B₂: Nach Applikation von 1 mCi Tc-99m-MAA wie bei der Voruntersuchung unveränderte Perfusionsstörung beider Mittelfelder, rechts stärker als links ausgeprägt.

Fall 3:

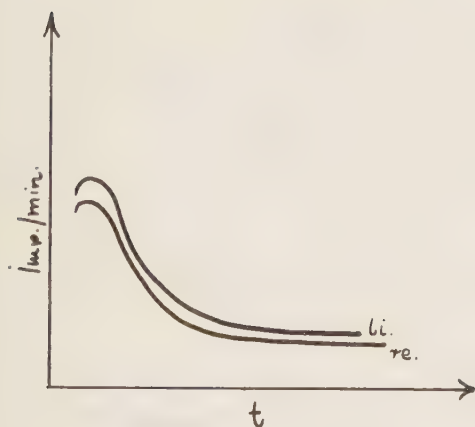
H. B., geb. 19. 11. 1914, ♂

Seit Jahren Husten mit Auswurf, seit einigen Wochen mit Blut vermischt. Röntgenuntersuchung: Rundherd rechtes Oberfeld. Bronchoskopie und Histologie: Plattenepithelkarzinom, Lymphangiosis carcinomatosa. Anschließend Oberlappenresektion und Bronchusplastik.

Xenon-sequenz A₃: Nach Injektion von 3,5 mCi Xe-133 in der Perfusionsphase rechts insgesamt deutlich verminderte Aktivitäten gegenüber links. 4 min. p.i. verzögerte Xe-exhalation der linken Seite geringen Grades. Die Aktivitätszeitkurve hat links eine gering höhere Amplitude als rechts, beiderseits nahezu gleich steiler Kurvenabfall (Skizze 8). Der Minutenexhalationswert wird rechts mit 27,3 % und links mit 29,0 % ermittelt. Die globale Abatmung ist somit 28,1 %.

Tc-szintigramm A₃: Nach Injektion von 1,3 mCi Tc-99m-MAA grobe diffuse Perfusionsstörung der rechten Seite, der Befund ist stärker ausgeprägt als im Xe-szintigramm ("Diskordanz")

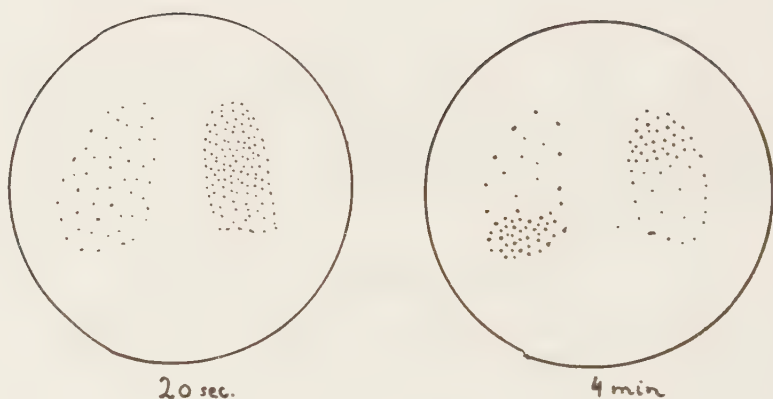
Nach Erreichen einer Herddosis von 4.400 rd über ein rechts ventrales und dorsal gewinkeltes Feld wurden folgende Befunde erhoben:



Skizze 8

Xenon-sequenz B₃: Nach Injektion von 3,9 mCi Xe-133 diffus verminderte Perfusion der gesamten rechten Lunge in der ersten Phase, 4 min. p.i. Trapping rechts basal, gering auch der linken Spitze. (Skizze 9) Eine Xe-retention im linken Oberfeld (bei regelrechter Perfusion) ist bisher nicht ausreichend äthiologisch geklärt, wurde jedoch regelmäßig bei pulmonaler Hypertonie beobachtet (20). Der ME liegt rechts bei 27,3 % und links bei 29,7 %, die globale Abatmung ist 28,5 %, hat sich praktisch im Vergleich zur Voruntersuchung nicht wesentlich verändert.

Tc-szintigramm B₃: Nach Injektion von 1,05 mCi Tc-99m-MAA weiterhin grobe diffuse Perfusionsstörung der rechten Lunge.



Skizze 9

Fall 4:

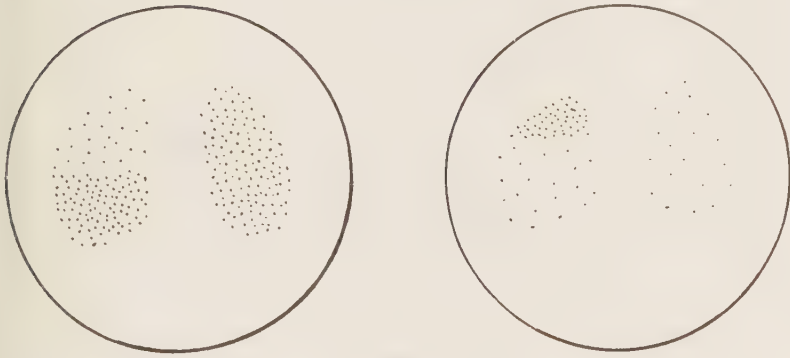
K. L., geb. 27. 5. 1898, ♂

Seit acht Wochen Sanguis im Sputum. Die Röntgenaufnahme des Thorax zeigt eine mannsfaustgroße Infiltration des rechten Oberfeldes. Bronchoskopie und Histologie: gut differenziertes Plattenepithelkarzinom des rechten Oberlappenbronchus, chronische eitrige Bronchitis.

Xenon-sequenz A₄:

Nach Injektion von 3,5 mCi Xe-133 deutliche Perfusionsstörung des rechten Oberfeldes während der initialen Phase. 4 min. p.i. Trapping im rechten Spitzenfeld (Skizze 10). Die Aktivitätszeitkurve weist links eine höhere Amplitude als rechts auf,

der Abfall ist links steil, rechts nur gering abgeflacht; der ME wird rechts mit 26,6 % und links mit 29,1 % errechnet, die globale Abatmung ist mit 27,8 % nicht wesentlich unterhalb der Norm.



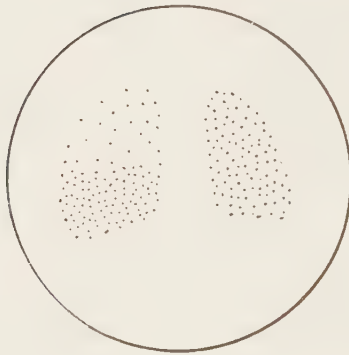
Skizze 10

Tc-szintigramm A₄: Nach Injektion von 1,3 mCi Tc-99m-MAA nahezu vollständiger Perfusionsausfall im rechten Oberfeld (Skizze 11), der Befund ist stärker ausgeprägt als im Xe-szintigramm.

Nachdem über ein rechts dorsales und laterales Feld 4.800 rd HD eingestrahlt wurden, folgten die Kontrolluntersuchungen:

Xenon-sequenz B₄: Nach Injektion von 3,9 mCi Xe-133 wiederum verminderte Aktivitäten im rech-

ten Oberfeld während der Perfusionsphase; 4 min. p.i. geringes Trapping beider Mittelfelder. Der Minutenexhalationswert liegt rechts bei 27,3 %, links 28,9 %, die globale Abatmung hat sich mit 28,1 % gering verbessert.



Skizze 11

Tc-szintigramm B₄: Nach Injektion von 1,05 mCi Tc-99m-MAA weiterhin grobe Perfusionsstörung des rechten Oberfeldes, praktisch unverändert zur Voruntersuchung.

Fall 5:

W. K., geb. 27. 8. 1914, ♂

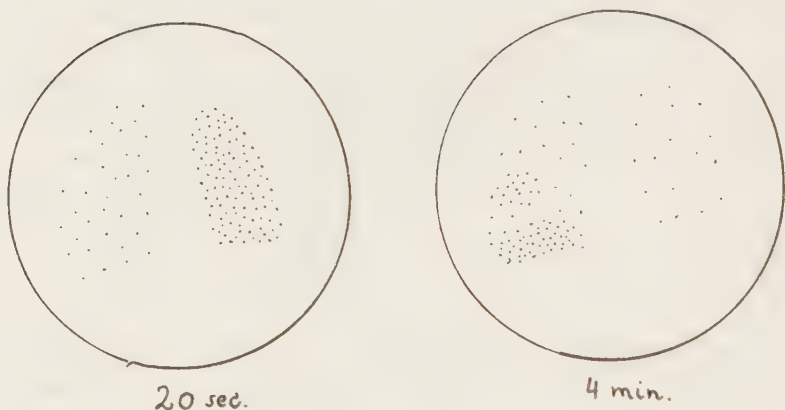
Seit drei Monaten Husten und Auswurf; Thorax-Übersicht: breite Verschattung rechts paracardial. Bronchoskopie und Histologie: undifferenziertes kleinzelliges Karzinom des rechten Oberlappens.

Xenon-sequenz A₅: Nach Injektion von 3,5 mCi Xe-133 deutlich verminderte Aktivitäten der gesamten rechten Lunge während der Initialphase; rechts gegenüber links höhere Amplitude der Aktivitätszeitkurve, die anschließend beiderseits steil abfällt. Nach 4 Minuten keine Xe-retention nachzuweisen. Der ME liegt rechts bei 25,6 % und links 29,5 %, die globale Abatmung somit bei 27,5 %.

Tc-szintigramm A₅: Nach Injektion von 1,3 mCi Tc-99m-MAA deutliche Perfusionsstörung der rechten Lunge, nahezu fehlende Perfusion der rechten Spitze. Gering verminderte Perfusion auch des linken Mittelfeldes. Die Befunde sind wiederum deutlicher ausgeprägt als im Xe-szintigramm.

Nachdem über ein rechts ventrales und dorsal gewinkeltes Feld 4.000 rd appliziert wurden, ergibt sich:

Xenon-sequenz B₅: Nach Injektion von 3,9 mCi Xe-133 deutliche Perfusionsminderung der gesamten rechten Lunge, deutliches Trapping 4 min. p.i. im rechten Mittel- und Unterfeld (Skizze 12). Der ME wird rechts mit 20,5 % und links mit 28,8 % ermittelt, die globale Abatmung hat sich somit auf 24,6 % verschlechtert.



Skizze 12

Tc-szintigramm B₅: Nach Injektion von 1,05 mCi Tc-99m-MAA hat die Partikelfixation der rechten Seite im Vergleich zur Voruntersuchung gering abgenommen, im übrigen status idem.

Fall 6:

M. F., geb. 28. 8. 1939, ♂

Seit 8 Wochen Schmerzen in der rechten Thoraxhälfte, febrile Temperaturen. Thoraxübersicht: grobe Infiltration des rechten Oberfeldes. Bronchoskopie und Histologie: undifferenziertes, kleinzelliges Karzinom des rechten Oberlappens.

Xenon-sequenz A₆: Nach Injektion von 3,5 mCi-Xe-133: rechts gering verminderte Aktivitäten in der Perfusionsphase; links gering höhere

Amplitude der Aktivitätszeitkurve, beiderseits steiler Kurvenabfall; 4 min. p.i. kein Trapping nachzuweisen. Der ME ist rechts 29,5 %, links 30,2 %, die globale Abatmung liegt mit 29,8 % im Normbereich.

Tc-szintigramm A₆: Nach Injektion von 1,3 mCi Tc-99m-MAA: Fehlende Partikelfixation des rechten Oberfeldes, im rechten Mittel- und Unterfeld verminderte Aktivitäten. Der Befund ist stärker ausgeprägt als im Xe-szintigramm.

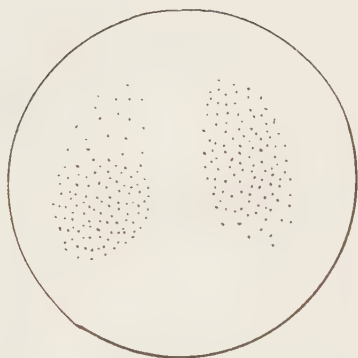
Nachdem 4.800 rd HD über ein rechts ventrales und dorsal gewinkeltes Feld eingestrahlt wurden, zeigt sich:

Xenon-sequenz B₆: Nach Injektion von 3,9 mCi Xe-133 wiederum deutlich verminderte Aktivitäten im rechten Oberfeld während der Perfusionsphase, weiterhin kein Trappingeffekt. Der aus der Aktivitätszeitkurve ermittelte ME liegt bei 29,9 % rechts, links bei 30,8 %; die globale Abatmung hat sich somit auf 30,3 % gering verbessert.

Tc-szintigramm B₆: Nach Injektion von 1,05 mCi Tc-99m-MAA weiterhin grobe unveränderte Perfusionsstörung des rechten Oberfeldes (Skizze 13 a und b).



a) vor Radiatio



b) nach Radiatio

Skizze 13

Fall 7:

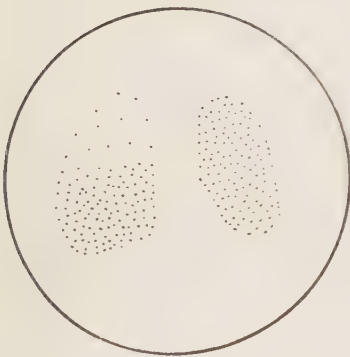
E. H., geb. 25. 9. 1913, ♀

Seit über einem halben Jahr Reizhusten. Thoraxübersicht: Verbreiterung des rechten Hilus. Bronchoskopie und Histologie: undifferenziertes kleinzelliges Karzinom des rechten Oberlappenbronchus. Mediastinoskopie: ausgedehnte Metastasierung in die paratrachealen Lymphknoten. Szintigrafisch Verdacht auf Lebermetastasen.

Xenon-sequenz A₇:

Nach Injektion von 4,68 mCi Xe-133 erheblich verminderte Aktivitäten im rechten Oberfeld während der Initialphase. 4 min. p.i. Trapping rechts, besonders im Oberfeld (Skizze 14). Links höhere

Amplitude der Aktivitätszeitkurve, beiderseits ausreichend steiler Kurvenabfall. (Skizze 15). Der ME ist rechts 23,4 % links 26,6 %, die globale Abatmung so mit 25,0 %.

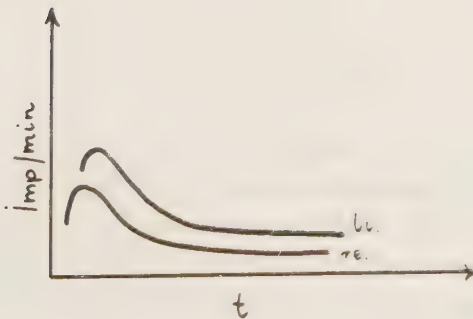


20 sec.



4 min.

Skizze 14



Skizze 15

Tc-szintigramm A₇: Nach Injektion von 1,3 mCi Tc-99m-MAA fast fehlende Partikelfixation im rechten Oberlappen; der Befund ist im Xe-szintigramm in nahezu gleicher Weise ausgeprägt.

Nachdem 5.000 rd HD über ein rechts ventrales und laterales Feld erreicht wurden, zeigen die Kontrollen:

Xenon-sequenz B₇: Nach Injektion von 4,5 mCi Xe-133 wie vorher verminderter Partikelnachweis im rechten Oberfeld, 4 min. p.i. Trapping im rechten Mittelfeld. Der ME liegt rechts bei 23,0 % und links bei 25,7 %; somit hat sich die globale Abatmung geringfügig auf 24,3 % vermindert.

Tc-szintigramm B₇: Nach Injektion von 1,3 mCi Tc-99m-MAA weiterhin verminderte Perfusion der rechten Lunge, besonders des Oberfeldes.

Fall 8:

C. W., geb. 4. 2. 1901, ♀

Heiserkeit und Husten mit Auswurf seit etwa 5 Monaten. Thorax-übersicht: polyzyklisch begrenzter Rundherd von etwa 3 cm Durchmesser im linken Mittelfeld. Bronchoskopie: chronische Bronchitis. Lungenpunktion: undifferenziertes, solides, mittelgroßzelliges Karzinom.

Xenon-sequenz A₈: Nach Injektion von 3,6 mCi Xe-133 gering verminderte Aktivitäten im linken Mittelfeld während der Perfusionsphase; 4 min. p.i. geringe Xe-retention im linken Mittelfeld. Der ME wird rechts mit 28,8 % und links mit 28,5 % ermittelt. Globale Abatmung: 28,6 %

Tc-szintigramm A₈: Nach Injektion von 1,42 mCi Tc-99m-MAA nur sehr gering verminderte Perfusion des linken lateralen Mittelfeldes, der Befund entspricht dem Xe-szintigramm.

Nachdem über ein links ventrales und laterales Feld 5.000 rd HD eingestrahlt waren, ergibt sich:

Xenon-sequenz B₈: Nach Injektion von 4,6 mCi Xe-133 in der Perfusionsphase gleicher Aspekt wie bei der Voruntersuchung, der ME hat links 26,3 % und rechts 28,6 % ergeben, die globale Abatmung hat sich somit auf 27,4 % gering verschlechtert.

Tc-szintigramm B₈: Nach Injektion von 1,3 mCi Tc-99m-MAA eine Perfusionsstörung nicht sicher nachzuweisen.

Fall 9:

S. B., geb. 29. 11. 1900, ♂

Seit zwei Jahren starker Husten, Auswurf, in letzter Zeit erhebliche Atemnot. Thoraxübersicht: polycyclische Infiltration des linken oberen Hiluspoles, Emphysem, alte Spitzen-tbc links. Bronchoskopie und PE negativ. Sputumcytologie: Plattenepithelkarzinom im linken Oberlappen.

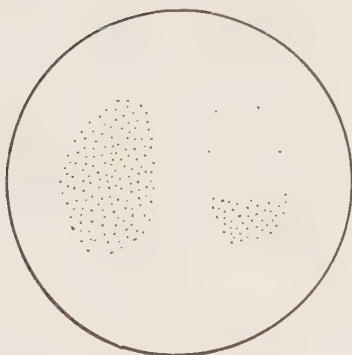
Xenon-sequenz A₉: Nach Injektion von 4,68 mCi Xe-133 während der Initialphase deutlich verminderte Aktivitäten der gesamten linken Lunge. 4 min. p.i. kein Trapping nachweisbar. Der aus der Aktivitätszeitkurve ermittelte ME ergibt rechts 30,1 %, links 26,9 %, die globale Abatmung ist somit 28,5 %.

Tc-szintigramm A₉: Nach Injektion von 1,3 mCi Tc-99m-MAA Zeichen der fast völlig fehlenden Perfusion des linken Ober- und Mittelfeldes (Skizze 16). "Diskordanz" zum Xe-szintigramm.

Nachdem über ein links ventrales und laterales Feld 4.800 rd HD eingestrahlt waren, ergibt sich in den Kontrollszintigrammen:

Xenon-sequenz B₉: Nach Injektion von 4,6 mCi Xe-133 Perfusionsstörung der linken Seite wie früher beschrieben. Der ME errechnet sich für die rechte Seite auf 29,5 %, für die linke

auf 27,8 %. Die globale Abatmung liegt somit bei 28,6 %, hat sich praktisch kaum verändert.



Skizze 16

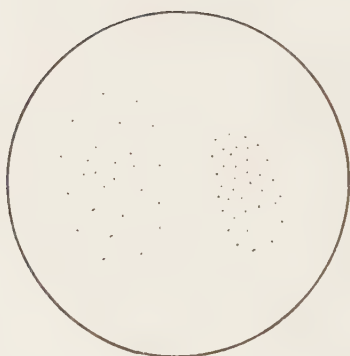
Fall 10:

W. B., geb. 5. 12. 1910, ♂

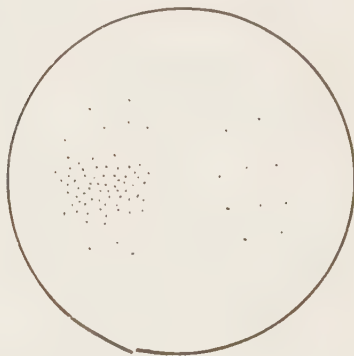
Seit einem halben Jahr Reizhusten ohne Auswurf. In den letzten Wochen Belastungsdyspnoe und Leistungsabfall. Thoraxübersicht: Atelektase des rechten Oberlappens. Bronchoskopie und Histologie: undifferenziertes solides mittelgroßzelliges Karzinom des Oberlappens.

Xenon-sequenz A₁₀: Nach Injektion von 4,68 mCi Xe-133: Aktivitätsverminderung des rechten Ober-, Mittel- und Unterfeldes. 4 min. p.i. Xe-retention des rechten Mittelfeldes (Skizze 17). Der ME wird rechts mit 23,7 % und

links mit 28,5 % errechnet, die globale Abatmung ist 26,1 %.



20 sec.



4 min.

Skizze 17

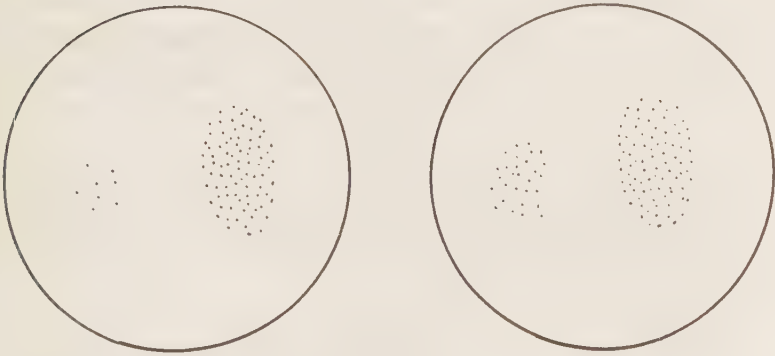
Tc-szintigramm A₁₀: Nach Injektion von 1,3 mCi Tc-99m-MAA: fast völliger Perfusionsausfall der rechten Lunge. Der Befund ist stärker als im Xe-szintigramm ausgeprägt.

Nachdem über ein rechts ventrales und dorsal gewinkeltes Feld 5.000 rd HD erreicht worden waren, ergibt sich:

Xenon-sequenz B₁₀: Nach Injektion von 4,6 mCi Xe-133: Die Aktivitäten im Bereich der rechten Lunge haben in der Perfusionsphase deutlich zugenommen, 4 min. p.i. ist ein Trapping nicht mehr nachzuweisen. Der ME liegt rechts bei 27,7 % und links bei

29,0 %, die globale Abatmung hat sich auf 28,1 % verbessert.

Tc-szintigramm B₁₀: Nach Injektion von 1,3 mCi Tc-99m-MAA:
Die Perfusion hat sich im Vergleich zum Tc-szintigramm A₁₀ deutlich gebessert:
(Skizze 18 a und b)



a) vor radiatio

b) nach radiatio

Skizze 18

Fall 11:

J. S., geb. 5. 3. 1903, ♂

Seit 3 Wochen Dyspnoe, Husten und Auswurf. Thoraxübersicht: Oberlappenatelektase links. Bronchoskopie: Verschuß des linken Oberlappenbronchus. Histologie: Verdacht auf Lymphangiosis carcinomatosa. Zytologie: Nachweis von Karzinomzellen, eine Zelltypendifferenzierung ist nicht vorhanden.

- Xenon-sequenz A₁₁: Nach Injektion von 6,7 mCi Xe-133: Fast fehlende Aktivitäten während der Perfusion links, 4 min. p.i. keine Xe-retention nachweisbar. Der ME ist rechts 30,3 %, links 26,2 %, die globale Abatmung ist somit 28,2 %.
- Tc-szintigramm A₁₁: Nach Injektion von 1,26 mCi Tc-99m-MAA: nahezu vollständiger Perfusionsausfall der linken Lunge. Der Befund ist ausgeprägter als im Xe-szintigramm.

Bei zunehmender Verschlechterung des AZ erfolgten die Kontrollen schon bei 3.200 rd HD, die über ein links ventrales und dorsales Feld eingestrahlt wurden:

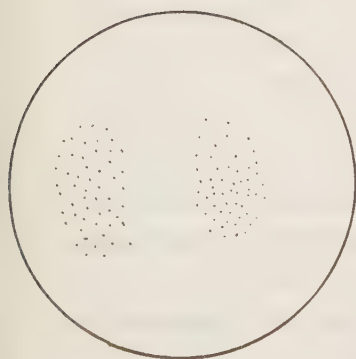
- Xenon-sequenz B₁₁: Nach Injektion von 6 mCi Xe-133: die Sequenz entspricht qualitativ der Voruntersuchung in der Perfusionsphase, der ME hat sich links auf 17,1 % reduziert, rechts liegt er bei 27,0 %, die globale Abatmung errechnet sich auf 22,0 %.
- Tc-szintigramm B₁₁: Nach Injektion von 1,5 mCi Tc-99m-MAA: weiterhin erhebliche Perfusionsstörung der gesamten linken Lunge.

Fall 12:

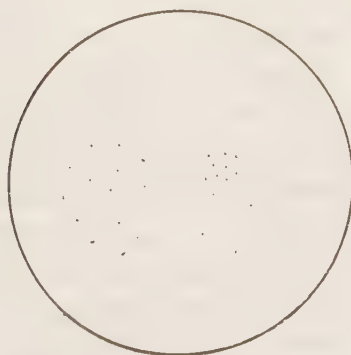
H. S., geb. 12. 10. 1890, ♂

Seit 2 Jahren kleiner ovalärer Rundherd in der linken Spitze, der kontrolliert wurde, jetzt Größenzunahme. Lungenpunktion und Histologie: kleinzelliges Karzinom. Zusätzlich besteht eine alte Granatsplitterverletzung rechts.

Xenon-sequenz A₁₂: Nach Injektion von 6,7 mCi Xe-133: im linken Oberfeld gering verminderte Aktivitäten gegenüber rechts während der Perfusionsphase. 4 min. p.i. geringes Trapping des linken Oberfeldes. Der aus der Aktivitätszeitkurve errechnete ME ist rechts 23,8 % und links 23,1 %, die globale Abatmung somit 23,4 % (Skizze 19).



10 sec.



4 min.

Tc-szintigramm A₁₂: Nach Injektion von 1,39 mCi Tc-99m-MAA: gering verminderte Perfusionsstörung der gesamten linken Lunge, der Befund ist stärker als im Xe-szintigramm ausgeprägt.

Nach Erreichen einer Herddosis von 5.000 rd ergeben sich folgende Befunde:

Xenon-sequenz B₁₂: Nach Injektion von 3,4 mCi Xe-133: annähernd gleicher Aspekt wie bei der Voruntersuchung, der ME liegt rechts bei 23,3 %, links bei 23,8 %, die globale Abatmung ist demnach mit 23,5 % nahezu unverändert.

Tc-szintigramm B₁₂: Nach Injektion von 1,3 mCi Tc-99m-MAA: wiederum lediglich geringe Perfusionsminderung der linken Lunge.

Fall 13:

G. M., geb. 1. 10. 1915, ♀

Bei der Routineuntersuchung des Thorax (anlässlich einer geplanten Abrasio wegen Menopausenblutung) Tm-verdacht im rechten Unterlappen geäußert. Thorakotomie und Entfernung des rechten Unterlappens, dabei Feststellung einer hilären Aussaat. Histologie: schleimbildendes Adenokarzinom.

Xenon-sequenz A₁₃: Nach Injektion von 5,9 mCi Xe-133: gering verminderte Aktivitäten während

der Initialphase rechts. Kein Trapping
4 min. p.i. Der ME ist rechts 28,4 %
und links 29,7 %, die globale Abatmung
somit 29,0 %.

Nachdem über ein rechts mediastinales und laterales Feld
4.400 rd HD appliziert wurden, ergab sich:

Xenon-sequenz B₁₃: Nach Injektion von 5,5 mCi Xe-133
rechts gegenüber links wiederum ver-
minderter Partikeleinstrom; der ME
errechnet sich aus der Aktivitätszeit-
kurve für rechts mit 27,7 %, links mit
29,1 %; die globale Abatmung hat sich
auf 28,4 % gering verschlechtert.

Fall 14:

J. W., geb. 11. 1. 1910, ♂

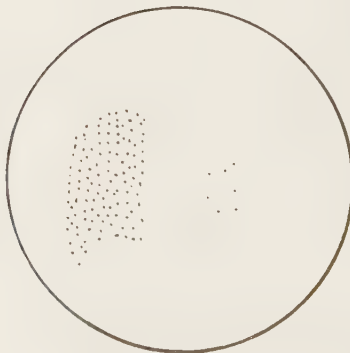
Seit 8 Wochen starke Erkältung mit Auswurf. Röntgenaufnahme
des Thorax: paramediastinale Verschattung links, Hilustomo-
grafie: Stenose des linken Oberlappenbronchus. Bronchoskopie
und Histologie: verhornendes Plattenepithelkarzinom des linken
Oberlappens. Thorakotomie: Durchbruch des Tm in den linken
Unterlappen, Beteiligung der Pleura.

Xenon-sequenz A₁₄: Nach Injektion von 6,7 mCi Xe-133: links
diffus verminderte Aktivitäten während
der Perfusionsphase (Skizze 20). Der
aus der Impulszeitkurve errechnete ME
ist rechts 30,3 %, links 25,6 %, die glo-
bale Abatmung 27,9 %. Kein Trapping-
nachweis.



Skizze 20

Tc-szintigramm A₁₄: Nach Injektion von 1,27 mCi Tc-99m-MAA lediglich geringe Partikelfixation im linken Mittelfeld, sonst fehlende Aktivitäten (Skizze 21). Dieser Befund entspricht dem Xe-szintigramm.



Skizze 21

Nachdem über ein links ventrales und laterales Feld 4.000 rd HD auf den Tumor eingestrahlt wurden, ergaben die Kontrollen:

Xenon-sequenz B₁₄: Nach Injektion von 8,3 mCi Xe-133: wiederum links gegenüber rechts erheblich verminderter Partikeleinstrom wie bei der Voruntersuchung, der ME hat sich gering verändert: rechts 30,5 %, links 28,4 %, die globale Abatmung hat sich auf 29,4 % gering verbessert.

Tc-szintigramm B₁₄: Nach Injektion von 1,3 mCi Tc-99m-MAA praktisch unveränderter Befund: nahezu fehlende Nuklidanreicherung des linken Ober- und Unterfeldes, lediglich geringe Aktivitäten im linken Mittelfeld nachzuweisen.

Fall 15:

A. S., geb. 24. 4. 1903, ♂

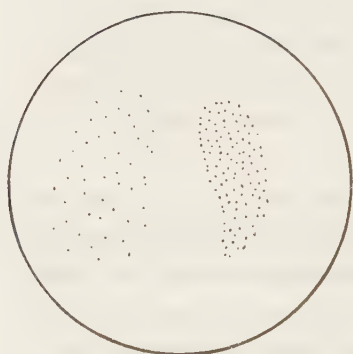
Seit 4 Monaten Reizhusten ohne Auswurf, Abgeschlagenheit.

Röntgen-Thorax: knollige Verdichtung des rechten Hilus.

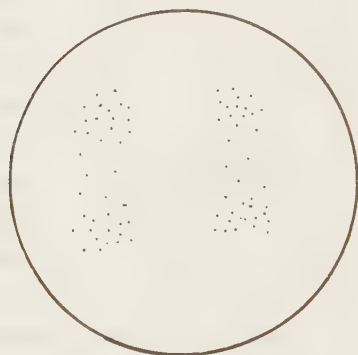
Bronchoskopie und Histologie: undifferenziertes solides mittelgroßzelliges Karzinom des Bronchus intermedius und Oberlappenbronchus rechts; Bronchitis, Emphysem.

Xenon-sequenz A₁₅: Nach Injektion von 6,7 mCi Xe-133: gering verminderte Nuklidanreicherung der rechten Lunge während der Perfusionsphase, 4 min. p.i. Xe-retention

beider Ober- und Unterfelder (Skizze 22). Der ME-wert errechnet sich rechts auf 27,4 % und links 28,3 %, die globale Abatmung ist 27,8 %.



20 sec.



4 min.

Skizze 22

Tc-szintigramm A₁₅: Nach Injektion von 1,4 mCi Tc-99m-MAA: verminderte Partikelfixation der gesamten rechten Lunge, vorwiegend im Bereich des Ober- und Mittelfeldes, der Befund ist gering stärker als im Xe-szintigramm ausgeprägt.

Nach einer Herddosis von 4.500 rd HD über ein rechts ventrales und dorsales Feld zeigen die Kontrollen:

Xenon-sequenz B₁₅: Nach Injektion von 4,1 mCi Xe-133: Rechts deutlich gegenüber links vermin-

derter Partikeleinstrom, wie bei der Voruntersuchung; 4 min. p.i. Xe-retention wie bei der Sequenz A₁₅ beschrieben. Der ME ist rechts 27,0 %, links 28,1 %, die globale Abatmung ist mit 27,5 % praktisch unverändert.

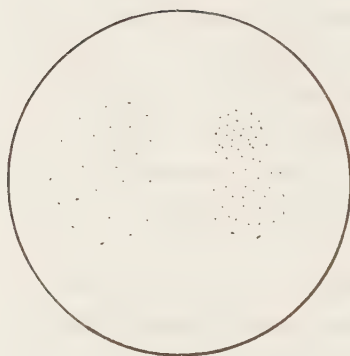
Tc-szintigramm B₁₅: Nach Injektion von 1,3 mCi Tc-99m-MAA: rechts insgesamt gering verminderte Perfusion, der Befund ist nicht so eindrucksvoll wie bei der Voruntersuchung.

Fall 16:

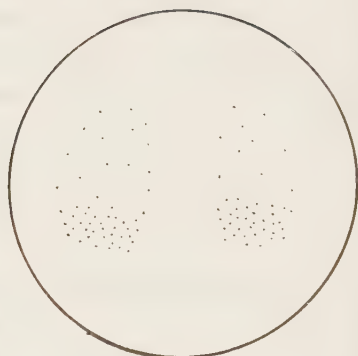
H. J., geb. 22. 7. 1909, ♂

Seit 5 Wochen Husten, Auswurf, Dyspnoe. Thoraxübersicht: Trübung des rechten Unterfeldes, Erguß. Bronchoskopie und Histologie: Verschluß des rechten Unterlappenbronchus durch kleinzelliges Karzinom. Mediastinoskopie: paratracheale Lymphknotenmetastasen.

Xenon-sequenz A₁₆: Nach Injektion von 7,6 mCi Xe-133: Deutlich verminderter Partikeleinstrom der rechten Seite, gering vermindert auch des linken Mittel- und Unterfeldes. 4 min. p.i. Xe-retention beiderseits basal (Skizze 23). Der ME liegt rechts bei 25,7 % und links 29,4 %, die globale Abatmung ist 27,5 %.



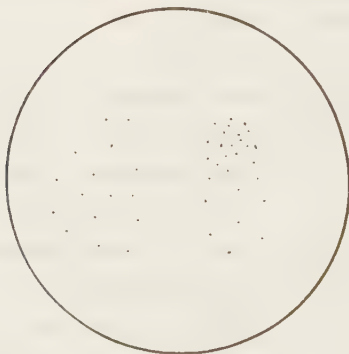
30 sec.



4 min.

Skizze 23

Tc-szintigramm A₁₆: Nach Injektion von 1,3 mCi-Tc-99m-MAA nahezu völliger Perfusionsausfall der gesamten rechten Lunge, deutliche Perfusionsstörung des linken Mittel- und Unterfeldes (Skizze 24). Dies entspricht etwa dem Xe-szintigramm.



Skizze 24

Nachdem über ein rechts ventrales und dorsales Feld 4.500 rd HD erzielt wurden, zeigt sich:

Xenon-sequenz B₁₆: Nach Injektion von 5,9 mCi Xe-133: wiederum deutlich verminderter Partikeleinstrom rechts, gering verminderte Aktivitäten auch links, 2 min. p.i. deutliches Trapping beiderseits, in annähernd gleicher Weise wie bei der Voruntersuchung. Der ME liegt rechts bei 25,8 %, links bei 28,6 %, die globale Abatmung ist mit 27,2 % praktisch unverändert.

Tc-szintigramm B₁₆: Nach Injektion von 1,2 mCi Tc-99m-MAA unveränderter Aspekt zur Voruntersuchung: fast völlig fehlende Partikelfixation rechts, links geringe Perfusionsstörung.

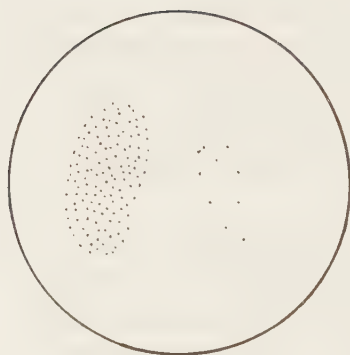
Fall 17:

G. S., geb. 29. 8. 1903, ♂

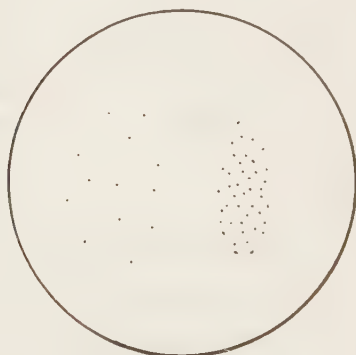
Seit 2 Monaten Husten und Auswurf. Thoraxübersicht: massive Verschattung des linken Oberfeldes. Bronchoskopie und Histologie: Verschluß des linken Oberlappenbronchus, Plattenepithelkarzinom.

Xenon-sequenz A₁₇: Nach Injektion von 6,7 mCi Xe-133: links gegenüber rechts deutlich verminderte Aktivitäten während der Initialphase. 4 min. p.i. Xe-retention (Trap-

ping) der gesamten linken Seite (Skizze 25). Der ME (area of interest beider Oberfelder) wird rechts mit 30,0 % und links mit 25,3 % ermittelt. Die globale Abatmung beträgt 27,6 %.



20 sec.



4 min.

Skizze 25

Tc-szintigramm A₁₇: Nach Injektion von 1,5 mCi Tc-99m-MAA: diffus verminderte Perfusion der gesamten linken Seite gegenüber rechts, der Befund entspricht etwa dem Xe-szintigramm.

Die Kontrolluntersuchungen erfolgten bei 3.600 rd HD (Betatron), der Allgemeinzustand hatte sich inzwischen deutlich verschlechtert:

Xenon-sequenz B₁₇: Nach Injektion von 3,4 mCi Xe-133: weiterhin erheblich verminderte Aktivi-

täten während der Perfusionsphase der linken Seite, 4 min. p.i. Xe-retention im Oberfeld (Region of interest). Der ME ist rechts weiterhin 30,0 %, links 26,8 %, die globale Abatmung hat sich auf 28,4 % gering verbessert.

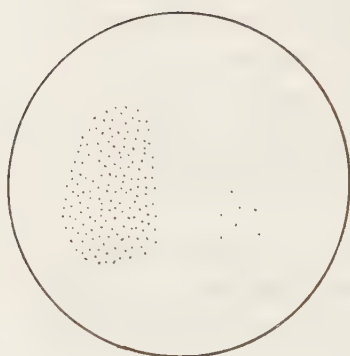
Tc-szintigramm B₁₇: Nach Injektion von 1,3 mCi Tc-99m-MAA: weiterhin diffus verminderte Perfusion der linken Seite, wie bei der Voruntersuchung.

Fall 18:

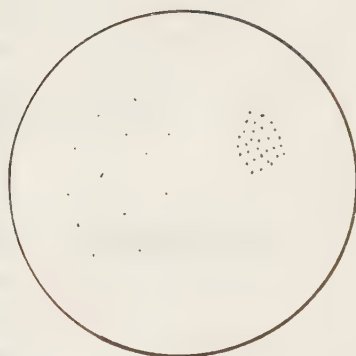
P. G., geb. 28. 2. 1903, ♂

Grippaler Infekt seit 4 Wochen, Reizhusten, der sich nicht zurückbildet. Thoraxübersicht: faustgroße Verdichtung links parahilär. Bronchoskopie und Histologie: Stenose des linken Oberlappenbronchus, kleinzelliges Karzinom.

Xenon-sequenz A₁₈: Nach Injektion von 6,7 mCi Xe-133: während der Perfusionsphase fast fehlende Nuklidanreicherung der gesamten linken Lunge, lediglich geringe Partikel im Bereich des linken Unterfeldes nachzuweisen. 4 min. p.i. Xe-retention des linken Oberfeldes (Skizze 26). Der ME liegt rechts bei 30,6 % und links bei 28,5 %, die globale Abatmung ist 29,5 %.



20 sec.



4 min.

Skizze 26

Tc-szintigramm A₁₈: Nach Injektion von 1,3 mCi Tc-99m-MAA: bis auf geringe Aktivitäten im linken Unterfeld nahezu fehlende Partikelanreicherung der übrigen Lungenareale links (Skizze 27 a). Der Befund entspricht dem Xe-szintigramm.

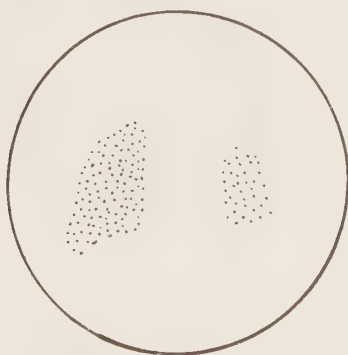
Nach Applikation von 3.600 rd HD (Betatron) auf den linken Oberlappen ergaben die Kontrolluntersuchungen:

Xenon-sequenz B₁₈: Nach Injektion von 3,4 mCi Xe-133: im Gegensatz zur Voruntersuchung jetzt deutliche Aktivitäten während der Initialphase links; 4 min. p.i. keine Xe-retention nachweisbar. Der ME liegt rechts bei 30,1 %, links bei 28,4 %, die globale Abatmung hat sich mit 29,2 % praktisch kaum verändert.

Tc-szintigramm B₁₈: Nach Injektion von 1,3 mCi Tc-99m-MAA:
Im Vergleich zur Voruntersuchung jetzt
wesentlich bessere Perfusionsverhält-
nisse links (Skizze 27 b).



Skizze 27 a



Skizze 27 b

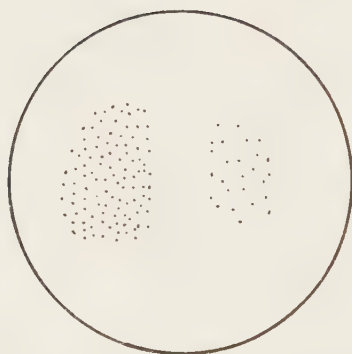
Fall 19:

E. W., geb. 11. 5. 1910, ♂

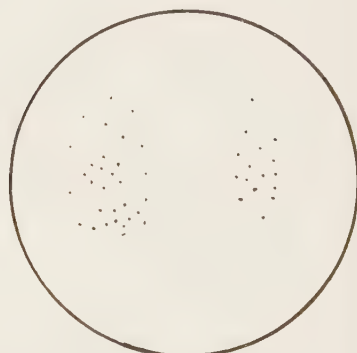
Seit einem Jahr Reizhusten nach einer Pneumonie. Thoraxüber-
sicht: linkshiläre besenreiserartige Verdichtung. Bronchoskopie
und Histologie: Stenosierung des linken Unterlappenbronchus,
Plattenepithelkarzinom.

Xenon-sequenz A₁₉: Nach Injektion von 6,7 mCi Xe-133:
Links gegenüber rechts verminderte Ak-
tivitäten während der Perfusion. 4 min.
p.i. geringe Xe-retention links, angedeu-
tet auch rechts im Mittel- und Unterfeld
(Skizze 28). Der ME errechnet sich aus

der Impulszeitkurve für rechts mit 29,1 % und links 26,8 %, die globale Abatmung ist somit 27,9 %.



20 sec.



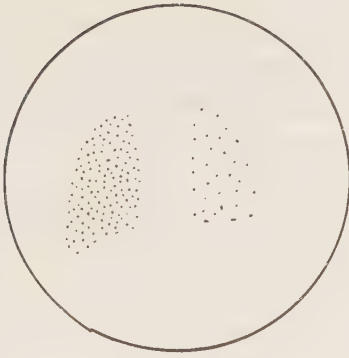
4 min.

Skizze 28

Tc-szintigramm A₁₉: Nach Injektion von 1,3 mCi Tc-99m-MAA: links erhebliche Perfusionsstörung, vorwiegend im Mittel- und Untergeschoß, der Befund ist stärker ausgeprägt als im Xe-szintigramm.

Nach einer Herddosis von 4.000 rd (Betatron) über ein links dorsales und laterales Feld, ergeben die folgenden Kontrolluntersuchungen:

Xenon-sequenz B₁₉: Nach Injektion von 3,4 mCi Xe-133: im Vergleich zur Voruntersuchung gleicher Aspekt in der Perfusionsphase; 4 min. p.i. geringe Xe-retention wie



Skizze 5

Fall 2:

F. A., geb. 9. 2. 1914, ♂

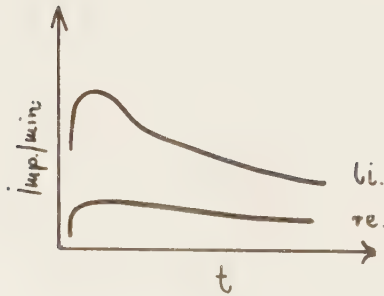
Seit 1 1/2 Jahren Nachtschweiß mit zeitweiliger Atemnot.

Thoraxaufnahme: pflaumengroßer Rundherd des rechten Mitteldeschosses, Hilusregion bds. verbreitert. Bronchoskopie und

Histologie: Undifferenziertes, kleinzelliges Karzinom der rechten Oberlappencarina.

Xenon-sequenz A₂: Nach i. v. -Injektion von 6,75 mCi ¹³³-Xe annähernd seitengleiche Perfusionsphase 4 min. p.i. noch erhebliche Aktivitäten beiderseits, links stärker als rechts ausgeprägt (Xe-trapping). Die Aktivitätszeitkurve (s. Skizze 6) zeigt die initial verminderten Aktivitäten rechts gegenüber

links, der Kurvenabfall ist beiderseits sehr flach, besonders rechts. Der Minutenexhalationswert wird rechts mit 11,3 % und links mit 17,3 % errechnet. Die globale Abatmung ist 14,3 %.



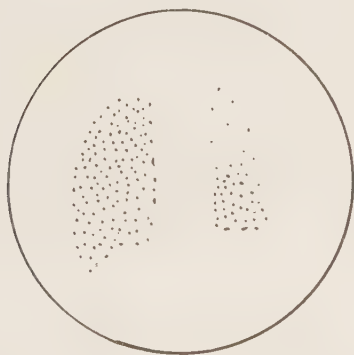
Skizze 6

Tc-szintigramm A₂: Nach Injektion von 1,77 mCi Tc-99m deutlich verminderte Partikelfixationen beider Mittelfelder (rechts stärker als links ausgeprägt, groben Perfusionsstörungen entsprechend). (Skizze 7) Der Befund ist eindrucksvoller als im Xe-szintigramm: "Diskordante Perfusionsstörung".

Nachdem über ein rechts ventrales und laterales Feld 5.600 rd HD erreicht waren, erfolgten die Kontrollen:

feldes, der ME errechnet sich für rechts auf 28,8 % und links auf 24,4 %, die globale Abatmung hat sich auf 26,6 % verschlechtert.

Tc-szintigramm B₂₀: Nach Injektion von 2,0 mCi Tc-99m-MAA: unveränderte Perfusionsstörung des linken Oberlappens.



Skizze 31

VI. ERGEBNISSE

Die lungenszintigrafischen Untersuchungen führten bei unseren Patienten zu folgenden Resultaten:

1.) Berechnung des Minutenexhalationswertes als quantitatives Maß der Lungenfunktion (20 Patienten)

- a.) Eine Besserung der Lungenfunktion während der Bestrahlung war bei 10 Patienten zu beobachten: und zwar bei **F a l l 1**, bei dem ein großzelliges, teilweise differenziertes Plattenepithelkarzinom bestand. Die Verschattung des oberen Hiluspoles hatte sich deutlich zurückgebildet, auch subjektiv war das Befinden gebessert. Der Trappingeffekt links hatte sich nicht verändert, soweit qualitativ beurteilbar. Der ME hat sich von 24,2 % auf 25,2 % verbessert.

Auch bei **F a l l 2** (kleinzelliges Karzinom) war eine Verbesserung des ME festzustellen: von rechts 11,3 % auf 14,4 %. Röntgenologisch gute Tumorrückbildung, wie bei der Histologie eines kleinzelligen Karzinoms auch erwartet. Klinisch geringe Verbesserung des AZ, so daß die Strahlentherapie ambulant weitergeführt werden konnte. Unverändertes Trapping.

F a l l 4 (Plattenepithelkarzinom) zeigte eine Änderung des ME rechts von 26,6 % auf 27,3 %. Röntgenologisch deutliche Verkleinerung der Oberlappeninfiltration. Vor der Radiatio Trapping im rechten Spitzenfeld, bei der Kontrolle über beiden Mittelfeldern. Wegen eines deutlich gebesser-

ten Az (Gewichtszunahme von 3 kg) konnte auch bei diesem Patienten die Bestrahlung ambulant durchgeführt werden.

Eine Verbesserung des ME rechts von 29,5 % auf 29,9 % wurde bei Fall 6 errechnet (kleinzelliges rechtsseitiges Oberlappenkarzinom): weder vor noch während der Bestrahlung ist ein Trappingeffekt nachzuweisen. Röntgenologisch wiederum deutliche Rückbildung der Oberfeldinfiltration, im rechten Mittelgeschoß jedoch zerstreutherdige Infiltrationen, die nicht eindeutig einer Pulmonitis zuzuordnen waren. Insgesamt Besserung des AZ und ambulante Fortführung der Bestrahlung. Kein Trappingeffekt.

Der ME hat sich bei Fall 9 links von 26,9 % auf 27,8 % verändert (Plattenepithelkarzinom). Kein Trappingeffekt. Guter AZ des Patienten; der Tumorschatten hat sich röntgenologisch gut verkleinert.

Fall 10 (mittelgroßzelliges Karzinom) zeigte eine gute Verbesserung der Lungenfunktion, der ME rechts veränderte sich von 23,7 % auf 27,7 %. Röntgenologisch nur geringe Verkleinerung der Atelektase; der AZ hat sich kaum verändert. Der vor der Bestrahlung nachgewiesene Trappingeffekt des rechten Mittelfeldes war bei der Kontrolle nicht mehr nachzuweisen.

Fall 12 (kleinzelliges Karzinom) zeigt bei der Kontrolle eine Veränderung des ME links von 23,1 % auf 23,8 %. Im Röntgenbild gute Verkleinerung des Tumors; jedoch zunehmende Verschlechterung des AZ bei Nachweis von Leber- und Skelettmetastasen.

Eine positive Veränderung des ME von links 25,6 % auf 28,4 % war bei **F a l l 14** (anaplastisches verhornendes Karzinom) festzustellen. Verschlechterung des AZ des Patienten bei Nachweis pulmonaler Filiae.

Bei **F a l l 17** (Plattenepithelkarzinom) hat sich der ME links von 25,3 % auf 26,8 % verbessert; röntgenologisch war eine gute Verkleinerung des Tumors im linken Oberlappen nachzuweisen. Das Xe-trapping links war auch bei der Kontrolle nachweisbar. Geringe Verbesserung des AZ.

Eine Verbesserung des ME von links 26,8 % auf 27,6 % ist für **F a l l 19** (Plattenepithelkarzinom) berechnet worden. Unverändertes Xe-trapping. Röntgenologisch geringe Verkleinerung der Verdichtung links hilär. Deutliche Verbesserung des AZ.

b.) Während der Radiatio hat sich die Lungenfunktion bei 3 Patienten praktisch nicht verändert:

Keine Veränderung des ME wie **F a l l 3** (Plattenepithelkarzinom, Lymphangiosis carcinomatosa) auf. Der Wert blieb mit 27,3 % unverändert (rechts). Röntgenologisch gute Rückbildung des Rundherdes im rechten Oberfeld. Der anfänglich befriedigende AZ war unverändert. Bei der Kontrolluntersuchung war ein rechts basales Trapping nachzuweisen.

Ein praktisch unveränderter ME wurde für **F a l l 16** errechnet (kleinzelliges Karzinom). Beiderseits basales

Trapping unverändert zur Voruntersuchung. Röntgenologisch gute Verkleinerung der Trübung des rechten Unterfeldes. Gebesserter AZ.

Bei **F a l l 18** (kleinzelliges Karzinom) lag der ME nach der Radiatio links bei 28,4 %, also ebenfalls nahezu unverändert zur Erstuntersuchung (28,5 %). Ein anfängliches Trapping war später nicht mehr nachweisbar. Röntgenologisch gute Tumorrückbildung.

c.) Bei 7 Patienten trat eine Verschlechterung der Lungenfunktion ein:

Eine Veränderung des ME von 25,6 % (rechts) nach 20,5 % war bei **F a l l 5** zu beobachten (kleinzelliges Karzinom). Röntgenologisch fast völliger Rückgang der Verschattung rechts paracardial. Sehr guter Allgemeinzustand des Patienten. Erst bei der Kontrolle wurde ein Trapping des rechten Mittel- und Unterfeldes nachweisbar.

Bei **F a l l 7** hat sich der ME rechts von 23,4 % auf 23,0 % verschlechtert (kleinzelliges Karzinom). Das Trapping rechts hat sich nicht verändert. Im Röntgen-thoraxbild war eine deutliche Verkleinerung des Tumors nachzuweisen. Subjektiv Wohlbefinden der Patientin.

Der ME hat sich links bei **F a l l 8** (mittelgroßzelliges Karzinom) von 28,5 % auf 26,3 % verschlechtert. Anfänglich geringes Trapping im linken Mittelfeld war bei der Kontrolle nicht mehr nachzuweisen. Röntgenologisch erhebliche Verkleinerung des Tumors, jedoch schlechter AZ der Patientin.

Eine Reduktion des ME von links 26,2 % auf 17,1 % war bei Fall 11 nachzuweisen (Lymphangiosis carcinomatosa). Röntgenologisch praktisch keine Verkleinerung des Tumors nachzuweisen. Ein Xe-trapping war nicht beobachtet worden. Erhebliche Verschlechterung des AZ des Patienten bei Auftreten supraclaviculärer Lymphome.

Bei Fall 13 (schleimbildendes Adenokarzinom) hat sich der ME rechts von anfänglich 28,4 % auf 27,7 % verschlechtert. Im Röntgenbild keine tumoröse pulmonale Infiltration nachweisbar. Ausgesprochen guter AZ. Kein Trapping.

Der ME bei Fall 15 (solides mittel-großzelliges Karzinom) verschlechterte sich rechts von 27,4 % auf 27,0 %. Röntgenologisch gute Verkleinerung des Tumorschattens rechts hilär. Xe-trapping beider Ober- und Unterfelder unverändert. Insgesamt ausreichender AZ, jedoch dringender Verdacht auf rechtsseitige pulmonale Metastasenbildung.

Bei Fall 20 (Adenokarzinom) veränderte sich der ME links von 26,0 % auf 24,4 %. Röntgenologisch lediglich geringe Betonung des linken oberen Hiluspoles, paradoxe Atemverschieblichkeit der linken Zwerchfellkuppel. Zunehmende Verschlechterung des AZ, Recurrenzparese; Verdacht auf Lebermetastasen. Ein anfängliches Trapping des linken Oberfeldes war bei der Kontrolle nicht mehr nachzuweisen.

2.) Qualitative Beurteilung der Perfusion (18 Patienten)

- a) Eine deutliche Besserung der Perfusionsverhältnisse wurde bei 4 Patienten festgestellt (Fälle 8, 10, 18, 19)
- b) Praktisch unveränderte Perfusionsverhältnisse lagen bei 13 Patienten vor (Fälle 1, 2, 3, 4, 6, 7, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 20)
- c) Die Perfusion hat sich bei 1 Patienten (Fall 5) verschlechtert.

Wie die Zahlen zeigen, bestehen unterschiedliche Ergebnisse hinsichtlich der Ventilation und der Perfusion. Die Perfusionsstörungen haben sich in geringerem Maße gebessert, wie die Ventilationsstörungen; bei der Mehrzahl der Patienten hat sich die Perfusion unter der Bestrahlung überhaupt nicht verändert. Ähnliche Erfahrungen haben LOCHER und Mitarb. gemacht.

Eine ausreichende Erklärung dafür ist bisher nicht gelungen, spielt doch der einzelne Krankheitsverlauf mit pulmonaler Begleiterkrankung, Reaktion der Gewebe auf die Bestrahlung sowie mediastinale Absiedelungen eine entscheidende Rolle. Ein weiterer Faktor ist der Zustand der kontralateralen "gesunden" Lungen Seite, zeigen doch die vorliegenden Minutenexhalationswerte, daß ein Großteil der Patienten deutlich erniedrigte Werte jener Lungenhälften aufweist, bedingt durch chronische Bronchitis, Emphysem und andere Begleiterkrankungen. In 12 von 19 Fällen war die Perfusionsstörung im MAA-szintigramm intensiver ausgeprägt, als im Xe-szintigramm ("diskordante Perfusionsstörung"), und zwar vor und während der Bestrahlung in gleicher Relation.

Die Ventilation hat sich, wie die Minutenexhalationswerte zeigen, bei 10 Patienten verbessert, das sind 50 %. Bei den übrigen trat entweder eine Verschlechterung der Funktion ein bzw. keine Änderung der Funktionseinbuße. Bei nahezu allen Patienten hatte die Bestrahlung keinen Einfluß auf den Trappingeffekt, der jedoch auch bei ausgedehnten Prozessen ganz fehlen kann, wenn Lungengefäße durch wachsenden Tumor verschlossen werden (2). Die bei einigen Patienten nachzuweisenden zunehmenden Funktionseinbußen waren wohl nicht radiogen begründet, lag doch zum Zeitpunkt der Kontrolluntersuchungen bei keinem der Patienten eine Strahlenpulmonitis vor. Die klinischen Befunde sprachen für eine Progredienz der Erkrankung, insbesondere weitere Tumorabsiedelungen in mediastinale ipsilaterale oder kontralaterale Lymphknoten.

Die durchgeführten Untersuchungen haben gezeigt, daß die Sequenzszintigrafie im Zusammenhang mit anderen klinischen Untersuchungsmethoden (wie Partikelszintigrafie, Röntgenuntersuchung) in der Lage ist, zusätzliche Informationen hinsichtlich Therapieerfolg - und Mißerfolg, sowie Prognose zu geben.

Das Partikelszintigramm ist zwar bei der Frage nach Durchblutungsstörungen in vielen Fällen überlegen, eignet sich allein jedoch für Verlaufskontrollen bei vorliegendem Patientenkreis nicht so gut, wiesen doch 70 % der Patienten überhaupt keine Befundänderungen im Kontroll-Partikelszintigramm nach der Bestrahlung auf.

VII. ZUSAMMENFASSUNG

Es wurden bei 20 Patienten mit Bronchuskarzinom Verlaufs-szintigramme mit Xe-133 angefertigt, in vielen Fällen kombiniert mit Partikelszintigrammen. Die szintigrafischen Untersuchungen wurden jeweils vor und während der Bestrahlung durchgeführt. Die Untersuchung mit Xe-133 gestattet eine quantitative Therapiekontrolle durch Bestimmung der - für jede Lungen- seite getrennt aufgenommenen - Aktivitätszeitkurven, aus der sich der Minutenexhalationswert bzw. die globale Abatmung errechnen läßt. Perfusions- und wash-out-Vorgänge können außerdem mit der Kamera quantitativ erfaßt werden; so ist bei Diagnostik und Verlaufskontrollen des Bronchuskarzinoms die Lungenszintigrafie eine wertvolle Bereicherung der Röntgendiagnostik und Bronchoskopie.

Die geschilderten Untersuchungen sind - bis auf die Venenpunktionen - atraumatisch, auch Schwerkranken zumutbar, der Aufwand ist gering, auch kurzfristige Verlaufskontrollen sind zur Beurteilung der Therapieeffizienz und der Prognose leicht möglich.

VIII. LITERATURVERZEICHNIS

1. PICHLMAIER, H.: Autoreferate, Dtsch. Röntgenkongreß
Berlin 1975
2. RÖSLER, H., M. W. Baumgartner, M. Ramos, A. Zup-
pinger: Ergebnisse der kombinierten
¹³³Xe/-MAP-Lungenzintigrafie beim
Bronchialkarzinom. Schweiz. med.
Wschr. 103 (1973)
3. RÖSLER, H., R. Hünig, G. Nosedá: Xe-serienszintigra-
fische Untersuchungen zur Beschreibung
der pauschalen und regionalen funktionel-
len Residualkapazität der Lungen. In Fel-
linger, K., R. Höfer: Radioaktive Isotope
in Klinik und Forschung IX (1970)
4. KNIPPING, H. W., W. Bolt, H. Venrath, H. Valentin,
H. Ludes, P. Endler: Eine neue Methode
zur Prüfung der Herz- und Lungenfunk-
tion. Dtsch. med. Wschr. 80 (1955)
5. BALL, W. C., J. P. B. Stewart, L. G. S. Newsham,
D. V. Bates: Regional pulmonary function
studied with ¹³³Xenon. J. Clin. Invest.
41 (1962)
6. LOKEN, M. K., H. D. Westgate: Evaluation of Pulmonary
Function Using Xenon-133 and the Scintil-
lation Camera. Amer. J. Roentgenol. C
(1967)

7. LOKEN, M. K., H. D. Westgate: Using Xenon-133 and a scintillation camera to evaluate pulmonary function. J. nucl. Med. 9 (1968)
8. LOKEN, M. K., J. R. Medina, J. P. Lillehei, P. L'Heureux, G. S. Kush and R. V. Ebert: Regional Pulmonary Function Evaluation Using Xenon-133, a Scintillation Camera and Computer. Radiology 93 (1969)
9. TAPLIN, G. V., D. E. Johnson, E. K. Dore, H. S. Kaplan: Lung photoscans with macro-aggregates of human serum radioalbumin. Experimental basis and initial clinical trials. 10 (1964)
10. L'HEUREUX, P. M., Loken M., R. Ponto, R. Ebert: Regional evaluation of pulmonary function in chronic obstructive pulmonary disease. Radiology 100 (1971)
11. ISAWA, T., J. R. Benfield, D. E. Johnson, A. V. Taplin: Pulmonary perfusion changes after experimental unilateral bronchial occlusion and their clinical implications. Radiology 99 (1971)
12. ANTHONISEN, N. R., J. Milic-Emili: Distribution of pulmonary perfusion in erect man. J. Appl. Physiol. 21 (1966)

13. BJURE, J.: Distribution of ventilation and perfusion at rest and during exercise. Scand. J. Resp. Dis. suppl. 77 (1971)
14. WEST, J. B., T. Dollery, A. Naimark: Distribution of blood flow in isolated lung; relation of vascular and alveolar pressures. J. Appl. Physiol. 19 (1964)
15. WEST, J. B.: Distribution of pulmonary blood flow and ventilation measures with radioactive gases. Scand. J. Resp. Dis. suppl. 62 (1966)
16. POTCHEN, J. E., R. G. Evens: The physiologic factors affection regional ventilation and perfusion. Seminars in Nuclear Medicine 1 (1971)
17. RÖSLER, H., J. Bourquin: Die Lungenszintigrafie. Praxis 56 (1967)
18. INGRISCH, H., H. G. Heinze, A. Scholz, J. Lissner: Kamera-Perfusionsszintigrafie der Lunge mit ¹³³Xenon-Gas und ^{99m}-Technetium Partikeln. Vergleiche der quantitativen und morphologischen Aussage.: Fortschr. Röntgenstr. 121, 1 (1974)

19. ERBS, G., J. Doll, J. Johannsen, S. Kleinhans: Drei-Schritt-Untersuchung in der Lungenszintigrafie: Ventilation, Diffusion, Perfusion. Fortschr. Röntgenstr. 121, 1 (1975)
20. RÖSLER, H., M. Ramos, J. Kinser, W. Hoffmann, P. Schnaars, A. Zuppinger: Die $^{133}\text{Xe}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MAP - Lungenszintigrafie. Schweiz. med. Wschr. 103 (1973)
21. CEDERQUIST, E., Y. Naverstein, T. White: Comparative Study of Regional Lung Function with Intravenous Injection of J-131-Laballed Macroaggregated Albumin and ^{133}Xe Xenon. Medical Radioisotope Scintigraphy Vol. II (Wien 1969)
22. FEINE, U., P. Hilpert: Pneumologie; in: Nuklearmedizinische Funktionsdiagnostik (Hrsg. D. Emrich) (1971)

Mein herzlicher Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. W. Schlungbaum für die freundliche Überlassung des Themas und die Unterstützung bei der Durchführung der Arbeit.

Bei den Untersuchungen haben mir die Mitarbeiter der Isotopenabteilung mit wertvollen Hinweisen zur Seite gestanden, wofür ich meinen Dank sage.

LEBENS LAUF

Am 19. Juli 1943 wurde ich als Sohn des Arztes Dr. med. Otto Münchenhagen und seiner Ehefrau Erna, geb. Fielitz, in Berlin geboren.

Nach dem Besuch der Grundschule legte ich im Frühjahr 1962 das Abitur am Kant-Gymnasium in Berlin-Spandau ab.

Vom Sommersemester 1962 bis zum Wintersemester 1967 studierte ich an der Freien Universität Berlin Medizin. Im April 1968 legte ich das Staatsexamen ab.

Nach der Medizinalassistentenzeit erhielt ich im Januar 1970 die Approbation.

Bis zum Dezember 1972 arbeitete ich als Assistenzarzt am Röntgeninstitut des Städt. Krhs. Spandau Süd (Hohengatow), unter Leitung des Chefarztes Dr. Wichmann.

Um meine radiologische Fachausbildung fortzusetzen, arbeitete ich bis zum Juni 1973 im Strahlentherapeutischen Institut (Chefarzt Prof. Dr. Schumacher) des Städt. Rudolph-Virchow-Krankenhauses.

Vom Juli 1973 bis Dezember 1974 war ich Assistenzarzt am Strahleninstitut (Chefarzt Prof. Dr. W. Schlungbaum) des Städt. Krhs. Spandau Nord, nachdem ich im April 1974 die radiologische Facharztanerkennung erhalten hatte. Im gleichen Haus war ich bis Dezember 1975 Oberarzt für den Bereich Strahlentherapie und Nuklearmedizin.

Seit Januar 1976 bin ich mit meinem Fachkollegen Priv.-Doz. Dr. med. H. K. Parchwitz in Berlin-Spandau in Form der Gemeinschaftspraxis assoziiert.

